PART2 大気による物質輸送

目標 オゾンホールが南極上空に形成されやすい理由について説明できる。

Chapter1　大気による物質輸送

　大気の循環は，さまざまな物質を輸送します。ここでは，オゾンホールの形成に関連する物質輸送について学びましょう。

オゾンホールの形成

・オゾンの生成

　オゾン〔O_3〕は,（O_2 ／ CO_2）の分子に（赤外線 / 紫外線）が作用することで生成される。オゾン生成が最もさかんな場所は，年間を通じて日射量の多い（低緯度 / 高緯度）地域の成層圏である。

・オゾン層と成層圏の気温分布

　成層圏の高度（20 ~ 30km / 40 ~ 50km）付近にはオゾン濃度が極大となる層が形成され，これを**オゾン層**という。

　オゾンは太陽からの紫外線を吸収して発熱する。ここで，成層圏のうち高度の高い場所ほど紫外線が（強い / 弱い）ことに加えて，大気の密度が（大きく / 小さく）温まりやすい。そのため，気温はオゾン層よりも上空にあたる高度（50km / 80km）付近で極大となる。

・成層圏の大気の循環とオゾン濃度

　成層圏には，（低緯度 / 高緯度）域で上昇し，（低緯度 / 高緯度）で下降する大規模な循環が存在する。オゾンはこの循環によって（低緯度から高緯度 / 高緯度から低緯度）へと輸送される。

覚えておこう

大気は気温分布をもとに４つの層に分けられており，それらの層の境界面は，下側の層の名前を用いて「〜圏界面」と呼ばれています。たとえば，左の本文にある気温が極大となる場所は成層圏と中間圏の境界面であり，**成層圏界面**と呼ばれます。

　なお，対流圏と成層圏の境界面である対流圏界面は，単に圏界面と呼ばれることもあります。

・**オゾンホールの形成**

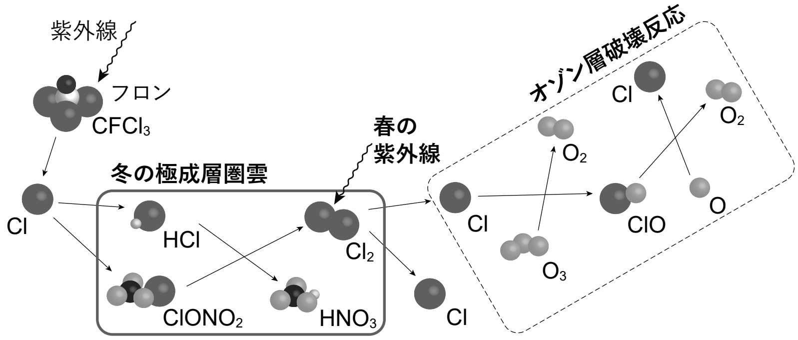
人間活動によって大気中に放出されたフロンも，オゾンと同様に成層圏の循環によって高緯度に輸送される。

冬の極成層圏雲に蓄積された（O_2 / Cl_2）が春の（赤外線 / 紫外線）によって原子に分解されると，オゾン層の破壊が起こり，オゾンホールが形成される。極成層圏雲の形成には約−80℃という極めて低温の環境が必要であり，極渦が発達して低温が維持される南極上空では，極渦が不安定な北極上空よりもオゾンホールが形成されやすい。

知っておこう

極渦には，極域の低温を維持するだけでなく，低緯度側から極域への空気の流れを妨げるはたらきもあります。

春の極域でオゾンホールが形成された場合でも，極渦の消滅する夏には低緯度側からオゾンを含む空気が流入し，オゾンホールも消滅します。



まとめ

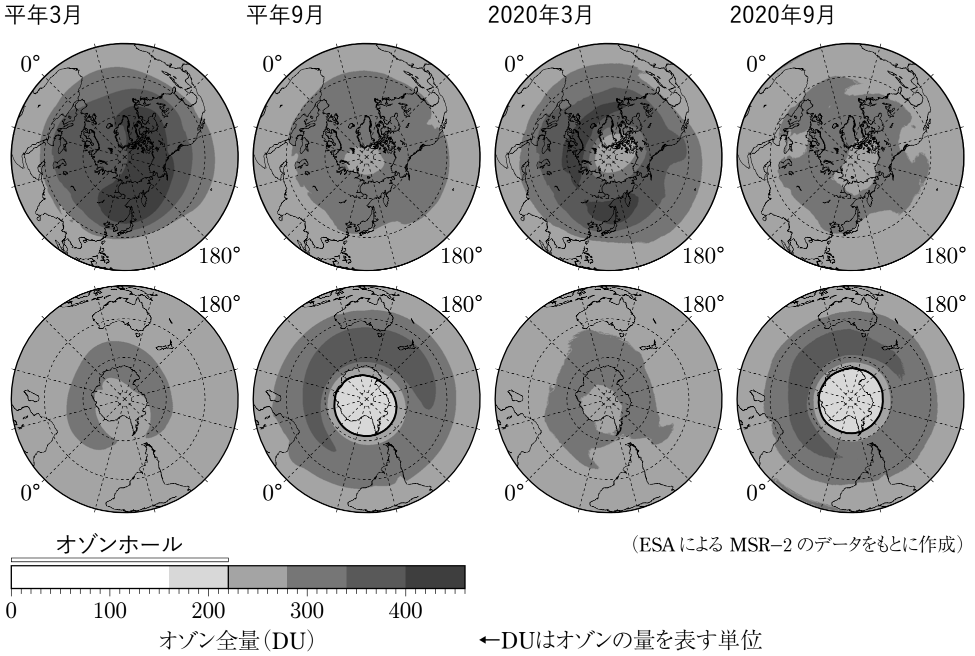
・成層圏には＿＿緯度で上昇して＿＿緯度で下降する大規模な循環が存在し，オゾンやフロンはこの循環によって南北方向に輸送される。

・冬の＿＿＿＿＿＿＿＿に蓄積された＿＿＿の分子が春の紫外線によって原子に分解されると，オゾン層が破壊されてオゾンホールが形成される。

・南極上空は北極上空より冬に低温となるため，極成層圏雲およびオゾンホールが形成されやすい。

Chapter2　演習問題

次の図は，北半球と南半球のオゾン全量〔大気中のオゾンの総量〕を示しています。ここでは，オゾンホールについて確認していきましょう。



（ESAによるMSR−2のデータをもとに作成）

問題⑴　極域のオゾン全量について述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。

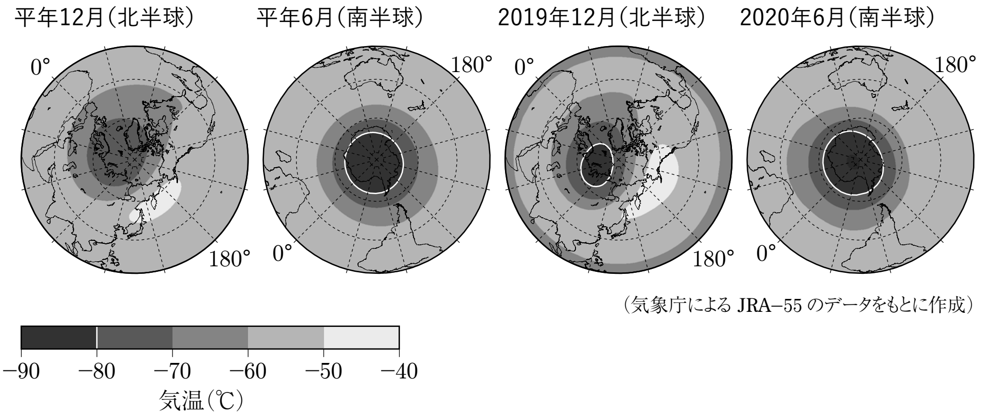
平年のオゾン全量は，南半球の（春 / 秋）にあたる９月の南極付近において，オゾンホールの基準となる220DUを下回っている。また，同じ領域でも３月にはオゾン全量が大きくなっており，（春 / 秋）にはオゾンホールが消滅しているといえる。

2020年を平年と比較すると，北半球の（春 / 秋）にあたる３月の北極付近において，オゾンホールの基準となる220DUは上回っているものの，オゾン全量がかなり少なくなっていることがわかる。

問題(2) オゾン全量の分布について述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。

極付近を除けば，オゾン全量は低緯度より中緯度～高緯度の方が(多い / 少ない)。オゾンの生成がさかんなのは(低緯度 / 高緯度）なので，オゾンは大気の循環によって（低緯度から高緯度 / 高緯度から低緯度）へと輸送されていると予想される。

問題(3) 次の図は，30hPa等圧面の気温を示しています。この図を参考にして，オゾンホールについて述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。



（気象庁による JRA−55 のデータをもとに作成）

平年の図で見ると，30hPa等圧面における冬の気温が極成層圏雲の形成される目安である約−80℃を下回るのは，（北極 / 南極）周辺の領域に限られる。これは，大陸配置の単純な（北半球 / 南半球）の方が極渦が安定的に存在し，その内部の気温が低くなりやすいためである。

オゾンホールは，極成層圏雲に蓄積された（塩素 / 酸素）分子が（春 / 秋）に紫外線のはたらきで原子に分解され，それがオゾンを連鎖的に破壊することで形成される。2020年に北半球の極域でオゾン全量が少なくなったのは，直前の冬が平年よりも（高温 / 低温）であったことと関連していると考えられる。

第16講 PART2 確認問題

問１ 次の文章を読み，下の問いに答えよ。

大気の循環による物質の輸送は，環境に大きな影響を与えている。例えば，オゾンは酸素分子に（ ア ）が作用して生成されるため，a低緯度で多く生成されるが，大気の循環により高緯度へ輸送される。同様に，オゾン層を破壊するフロンも高緯度へ輸送される。

南半球の高緯度地域では毎年９～10月ごろ（春先）にオゾン層の破壊が起こり，b南極上空にオゾン濃度の極端に低い領域が現れる。これは，フロンを起源とする（ イ ）分子が，冬に蓄積され，それが春になって（ ウ ）によって原子に分解され，オゾンを分解することによって起こる現象である。

(1) 空欄ア，ウに入る語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① ア：紫外線　ウ：赤外線
② ア：赤外線　ウ：紫外線
③ ア：紫外線　ウ：紫外線
④ ア：赤外線　ウ：赤外線

(2) 下線部ａについて，オゾンが低緯度で多く生成される理由として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 日射量が多いから。
② 貿易風が吹き込むから。
③ 強い上昇気流が発生するから。
④ 湿度が高いから。

(3) 下線部ｂについて，このような領域の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 極成層圏雲　② オーロラ
③ 極渦　④ オゾンホール

(4) 下線部ｂについて，このような領域は，北極上空では，南極上空ほど大規模なものは形成されていない。その理由として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 北極は低温が維持されず，極成層圏雲が少ないため。
② 北極は低温が維持され，極成層圏雲が多いため。
③ 北極は極成層圏雲が少なく，低温が維持されるため。
④ 北極は極成層圏雲が多く，低温が維持されないため。

(5) 空欄イに入る語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 窒素　② 酸素
③ 塩素　④ 水素

第 16 講　大気・海洋の変動

PART1　対流圏と成層圏の変動

問題⑴　低い，極向き，低く

問題⑵　高い，西部

問題⑶　低い，高い，ラニーニャ，エルニーニョ，強く，高く

PART2　大気による物質輸送

問題⑴　春，秋，春

問題⑵　大きい，低緯度，低緯度から高緯度

問題⑶　南極，南半球，塩素，春，低温

PART3　都市とその周辺の大気

問題⑴　2 ～ 3 倍，ヒートアイランド現象

問題⑵　安定，不安定，条件付き不安定，絶対安定，起こりにくい，逆転層の下部に留まりやすい

問題⑶　二酸化炭素，一酸化窒素や二酸化窒素，二酸化硫黄，季節風

PART4　物質循環

問題⑴　ア：7×10^{14}　イ：7×10^{13}　ウ：10

問題⑵　5 年，400 年

問題⑶　エ：60 万

問題⑷　長い，短い，終わって長い時間が経過してから

第16講　PART2　確認問題　解答

問1

(1)　③

解説：
酸素分子が紫外線を吸収し，できた酸素原子と別の酸素分子が結合してオゾンとなる。また，塩素分子が紫外線により塩素原子に分解され，それによってオゾンが分解される。

(2)　①

解説：
オゾンは紫外線が酸素分子に作用することによって生成されるので，紫外線量が多い，すなわち日射量の多い低緯度で多く生成される。

(3)　④

解説：
オゾン層に穴が空いているような状態となるためオゾンホールとよばれる。

(4)　①

解説：
塩素分子は冬に極成層圏雲に蓄積され，春に日射が強まる影響で，塩素原子になる。極成層圏雲の発生には低温が維持される必要がある。

(5)　③

解説：
フロンは炭素，塩素，フッ素からなる物質で，このうち塩素がオゾンを分解する。